

DIE VEGETATIONSZONEN NORD-EURASIENS WÄHREND DER POSTGLAZIALEN WÄRMEZEIT¹⁾

Burkhard Frenzel

Mit 4 Abbildungen und 1 Karte

The vegetation zones of northern Eurasia during the Post-glacial Warm Period

Summary: This review article, mainly based on Russian literature, gives a summary of the present state of knowledge of the zoning of vegetation during the Post-glacial Warm Period. The data mentioned in these publications refer to the early and middle stages of this period without, however, stating exactly for each individual case to which part of the period it belongs. It was nevertheless possible to reconstruct the following picture of the vegetation zones in northern Eurasia during the Post-glacial Warm Period. The tundra proper had then disappeared almost completely and was restricted only to small areas on the Yamal, Gyda and Taimyr peninsulas. The forest tundra which, with the exception of the section east of the Taimyr peninsula to eastern Siberia where it was virtually eliminated from the continent by the taiga, extended everywhere to the Arctic Ocean, and consisted to a much greater degree than today of birches, supplemented in the western section by pines and in the eastern section by larches. Though the taiga had expanded to the north most markedly, its southern margin also lay further north than today. The forest zone in European Russia was characterized by mixed oak forests, with a considerable admixture of pines; east of the Urals, as today, pure stands of coniferous forests consisting of many species prevailed, but extended further eastward than at present. In the European part of the U.S.S.R. the steppe and the forest-steppe advanced at many points into the taiga, but this was more pronounced in Middle Siberia where loess-steppes accompanied the middle and upper course of the Lena river and thus formed a transitional zone leading to the steppe regions round Lake Baikal. Nevertheless they were in all cases localized steppes which were not in direct contact with the great steppe zone of Middle and Central Asia. During the Post-glacial Warm Period this region and vegetation zone occupied a much larger area than today. For instance, loess-steppes reached a height of 1000 m. on the flanks of the mountains of Middle Asia and it was then that the desert land forms, which today are largely of a fossil kind, originated in the dry areas of Middle Asia, and the lakes considerably decreased in size. Some extended over a smaller area than today (e.g. the Caspian Sea), while others were intermediate between the size they had assumed during the last Glacial period and that which they occupy at present (e.g. Lake Balkash, Saisan-nor). Together with the northward expansion of the polar limit of the steppe zone went an upward expansion of the upper altitudinal limit, so that Tibet was covered by a luxuriant herbaceous steppe.

Als ein Ereignis höchster vegetations- und landschaftsgenetischer Bedeutung lenkte, ebenso wie alle früheren pleistozänen Vereisungen, so auch besonders die letzte Eiszeit, die Weichsel- (Würm-, Waldai-) Eiszeit die Beachtung der Forscher auf sich. Es scheint so, als schenke man angesichts dieser Tatsache einem zweiten wichtigen Zustand in der nordeurasiatischen Vegetationsgeschichte, nämlich dem der postglazialen Wärmezeit, nicht die Aufmerksamkeit, die er verdient. Aufgabe

des vorliegenden Aufsatzes ist es daher, alle bisher zugänglichen Arbeiten über die Vegetationszonierung Nord-Eurasiens während der postglazialen Wärmezeit zusammenzufassen.

In seinem ausgezeichneten Werk stellte Firbas (1949, 1952) alle pollenanalytischen Angaben über die spät- und postglaziale Waldgeschichte Mitteleuropas zusammen, so daß auf dieses Werk verwiesen werden kann. Wenn die wärmezeitlichen Vegetationszonen des außerrussischen Europa hier nur so weit zur Darstellung kommen, als es zum Verständnis der Vegetation des westrussischen Tieflandes nötig ist, so geschieht das aus

¹⁾ Der vorliegende Aufsatz stellt einen Auszug aus den Ergebnissen eines größeren Forschungsauftrages der Akademie der Wissenschaften und der Literatur (Sitz Mainz) dar, der der Erforschung des Zustandes der Erdoberfläche während der diluvialen Vereisungen galt. In zwei früheren Veröffentlichungen (Frenzel und Troll, 1952 a, 1952 b) wurde bereits über einige andere Ergebnisse dieser Untersuchung berichtet.

Zeichenerklärungen der Abbildungen 1—4:

- 1 Kiefer
- 2 Fichte
- 3 Tanne
- 4 Lärche
- 5 Arve
- 6 Birke
- 7 Erle
- 8 Eiche, Ulme, Linde
- 9 Buche
- 10 Hainbuche
- 11 Kastanie
- 12 Weide
- 13 Waldspektren
- 14 Tundra- und Waldtundraspektren
- 15 Steppenspektren
- 16 Anteil der NBP in Waldspektren
- 17 Haselnuß in Waldspektren. Wenn Säule gleich Durchmesser des Kreises, dann 100 %
- 18 verschiedene Stadien der Ostsee
- 19 Gletscher
- 20 Grenzen der natürlichen Zonen
- 21 Grenzen der Vegetationszonen
- 22 Grenze der Gebirgswälder
- 23 Natürliche Zonen

Im Spektrum außerdem noch vorhandene Pollen:

- 24 Fichte
- 25 Eichenmischwaldvertreter
- 26 Weide
- 27 Hainbuche
- 28 Buche
- 29 Lärche
- 30 Arve
- 31 Tanne

Alle Abb. nach Neistadt.

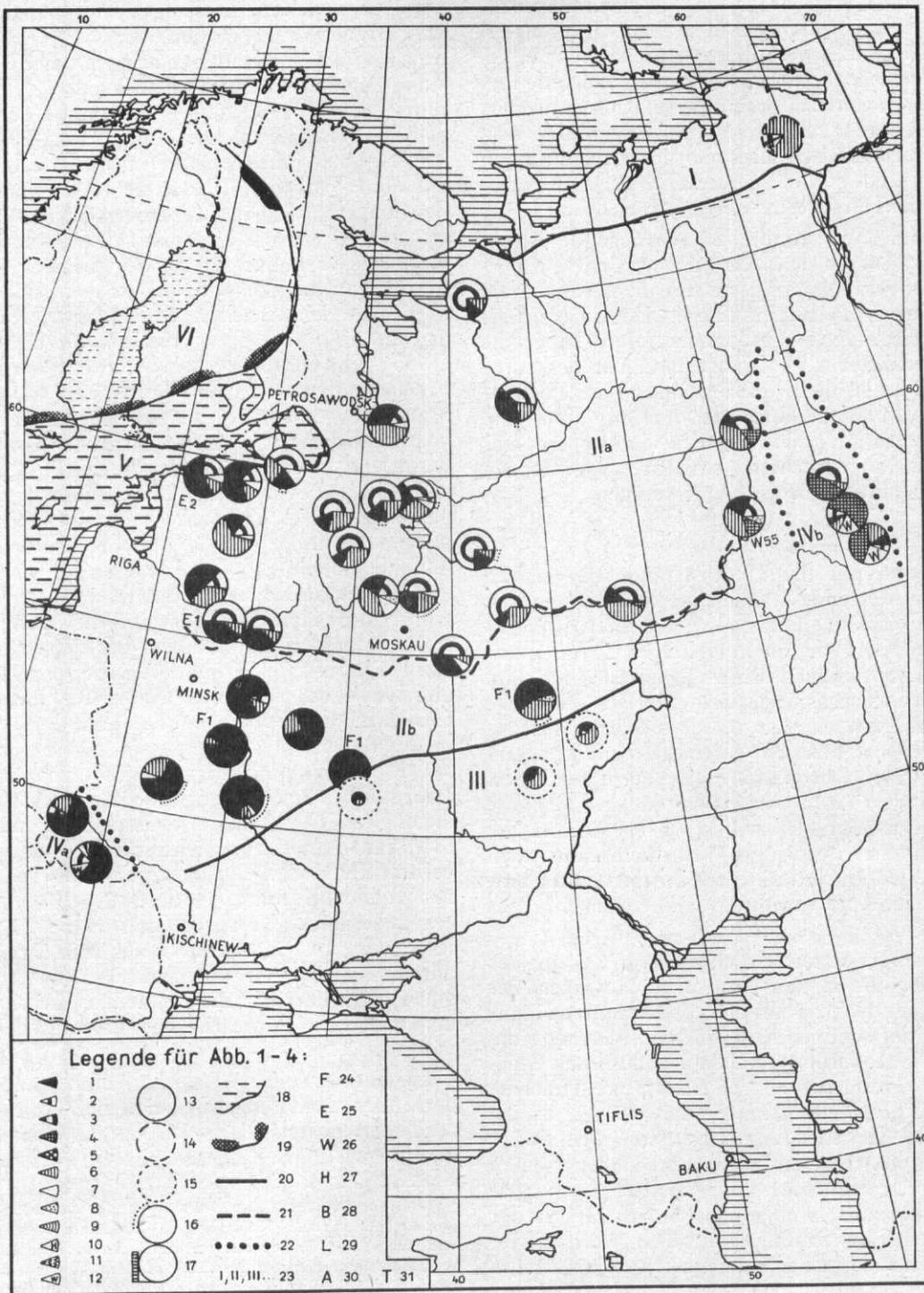


Abb. 1: Paläogeographische Karte des alten Holozäns

I Zone der Tundra und der Waldtundra; II Waldzone; IIa Schattadelwälder der Fichtentaiga; IIb lichte Kiefernwälder; III Steppen- und Waldsteppenzone; IVa Karpathische Mittelgebirgswälder; IVb Wälder des Urals; V Yoldia-Meer; VI Skandinavischer Gletscher.

der Überzeugung heraus, daß das außerrussische Europa so kleinräumig und so stark differenziert ist, daß nur sehr detaillierte Untersuchungen gestattet werden, ein einigermaßen zutreffendes Bild der wärmezeitlichen Vegetationszonierung dieses Raumes zu liefern. Im Augenblick sind aber die einzelnen Länder so unterschiedlich gut erforscht, daß es wohl geraten ist, auf eine kartographische Darstellung zu verzichten.

Im Mai 1952 konnte die vorliegende Arbeit abgeschlossen werden. Aus hier nicht näher zu erörternden Gründen zögerte sich die Drucklegung immer mehr hinaus. Inzwischen lieferte *Neistadt* (1953) ein eingehendes Sammelreferat über die Veränderungen der Vegetationszonen des europäischen Teiles der UdSSR während des Postglazials. So kann im Folgenden nur auf diese gute Arbeit zurückgegriffen werden, in der die hier ebenfalls abgedruckten schönen Abbildungen (1—4) besondere Beachtung verdienen.

Einleitung

Die etwa mit dem Höchststande der letzten Eiszeit einsetzende allgemeine Erwärmung des Klimas führte zu einem gewaltigen Gletscherrückgang, über den wir in den einzelnen Teilen Eurasiens sehr unterschiedlich genau unterrichtet sind. Aus vielen eurasiatischen Gebirgen liegen Berichte und Vermutungen vor, daß die Gletscher während der postglazialen Wärmezeit ein kleineres Gebiet als heute bedeckten. Hierüber unterrichten uns besonders *Lundqvist* (1948) für das nördliche skandinavische Fjäll, *Morawetz* (1950) für die Ostalpen und *Popow* (1947) für die ortsibirischen Gebirge. Jedoch sind unsere Kenntnisse nicht hinreichend fundiert, um diese Veränderungen allgemein kartographisch darstellen zu können.

Neben der letzteiszeitlichen Vergrößerung des Festlandes durch das eustatische Absinken des Meeresspiegels, war ein hervorstechendes Kennzeichen der südlichen Binnenlandschaften die starke Vergrößerung der heute abflußlosen Seen. Seit dem Höchststande der Eiszeit verkleinerten sich diese Seen jedoch immer mehr. Zwar ist die Geschichte der mittelasiatischen Seen keineswegs als völlig gesichert zu betrachten. Daher können die in der Kartenbeilage dargestellten Seespiegelstände auch nur als ungefähre Anhaltspunkte der damaligen Entwicklung angesehen werden. Jedoch dürfte die in der Kartenbeilage dargestellte Tendenz, die aus dem Vergleich des letzteiszeitlichen und des vermutlich wärmezeitlichen Standes der mittelasiatischen Seen hervorgeht, richtig sein.

Der Kaspisee verkleinerte sein Areal nach dem chwalynischen Stand (*Frenzel* und *Troll*, 1952 b) erheblich, stieß noch einmal im Nachwalyn et-

was vor, und sein Seespiegel sank dann, immer wieder von kurzen Halten oder Vorstößen unterbrochen, bis auf seinen nacheiszeitlichen Tiefstand in der „Mangyschlak-Phase“ (*Leontjew* und *Fedorow*, 1953) auf —20 m unter den heutigen Spiegelstand ab. Die Mangyschlak-Phase soll vor 4—6000 Jahren stattgefunden haben (*Leontjew* und *Fedorow*, 1953); sie fällt demnach in den jüngeren Teil der mittleren Wärmezeit (*Firbas*, 1949). Auf das engste mit der Geschichte des Kaspisees verknüpft ist die des Aralsees und des Ssarykamyschbeckens. Jedoch ist sie besonders unklar. Aus den Arbeiten von *Tolstow*, *Kess* und *Schdanko* (1954), sowie von *Jamnow* und *Kunin* (1953) geht hervor, daß das während der letzten Eiszeit mit Wassern des Amu darja aufgefüllte Ssarykamyschbecken²⁾ bis zum Beginn des ersten vorchristlichen Jahrtausends durch den Usboi zum Kaspi entwässert wurde. An diesem Fluß siedelte eine dichte Bevölkerung. Mit Beginn des ersten Jahrtausends v. Chr. schwenkte aber der Amu darja vollständig zum Aralsee ab, den er vorher nur mit einem Teil seiner Wasser gespeist hatte; der Ssarykamyschsee trocknete aus, der Usboi wurde nicht mehr beflossen, und die Bevölkerung wanderte ab. Erst im hohen bis späten Mittelalter (14. bis 15. Jahrhundert nach *Tolstow*, *Kess* und *Schdanko*, 1954, oder 15. bis 17. Jahrhundert nach *Jamnow*, 1953) brach der Amu darja wieder in das Ssarykamyschbecken ein, füllte dieses bis auf 50 m über NN auf, und wieder siedelte eine mäßig dichte Bevölkerung an den südlichen Ufern dieses Sees. Der Usboi entwässerte abermals den Ssarykamyschsee zum Kaspisee hin, und zwar vermutlich in den See des „neukaspischen Standes“, der wohl mit einer durch *CARDIUM EDULE* gekennzeichneten Transgression in die Zeit zwischen dem 14. und dem 19. Jahrhundert fallen dürfte (*Leontjew* und *Fedorow*, 1953). Allerdings gibt es auch Forscher, die den neukaspischen Stand in das 1. bis 2. vorchristliche Jahrtausend legen wollen.

Ungeachtet dieser Unsicherheiten kann man doch aber wohl festhalten, daß der Usboi während der postglazialen Wärmezeit den Ssarykamyschsee zum Kaspisee hin entwässerte und

²⁾ Dieser Seespiegelstand wurde in der früheren Arbeit (*Frenzel* und *Troll*, 1952 b) nicht dargestellt, da hierüber, wie auch über den letzteiszeitlichen Stand des Balchaschsees, keine eindeutigen Berichte vorlagen. Um diese Fehler zu beseitigen, wurden in der Kartenbeilage nicht nur die vermutlichen wärmezeitlichen Seespiegelstände, sondern auch die der letzten Eiszeit dargestellt. Dadurch sind auch die erheblichen Veränderungen, die seit dem Höchststande der letzten Eiszeit in den mittelasiatischen Tiefebene eingetreten sind, besser zu überschauen. Herrn Prof. *Grahmann* verdanke ich freundliche Hinweise auf den tatsächlichen letzteiszeitlichen Küstenverlauf des Schwarzen Meeres (vgl. *B. Frenzel* und *C. Troll*, 1952 b).

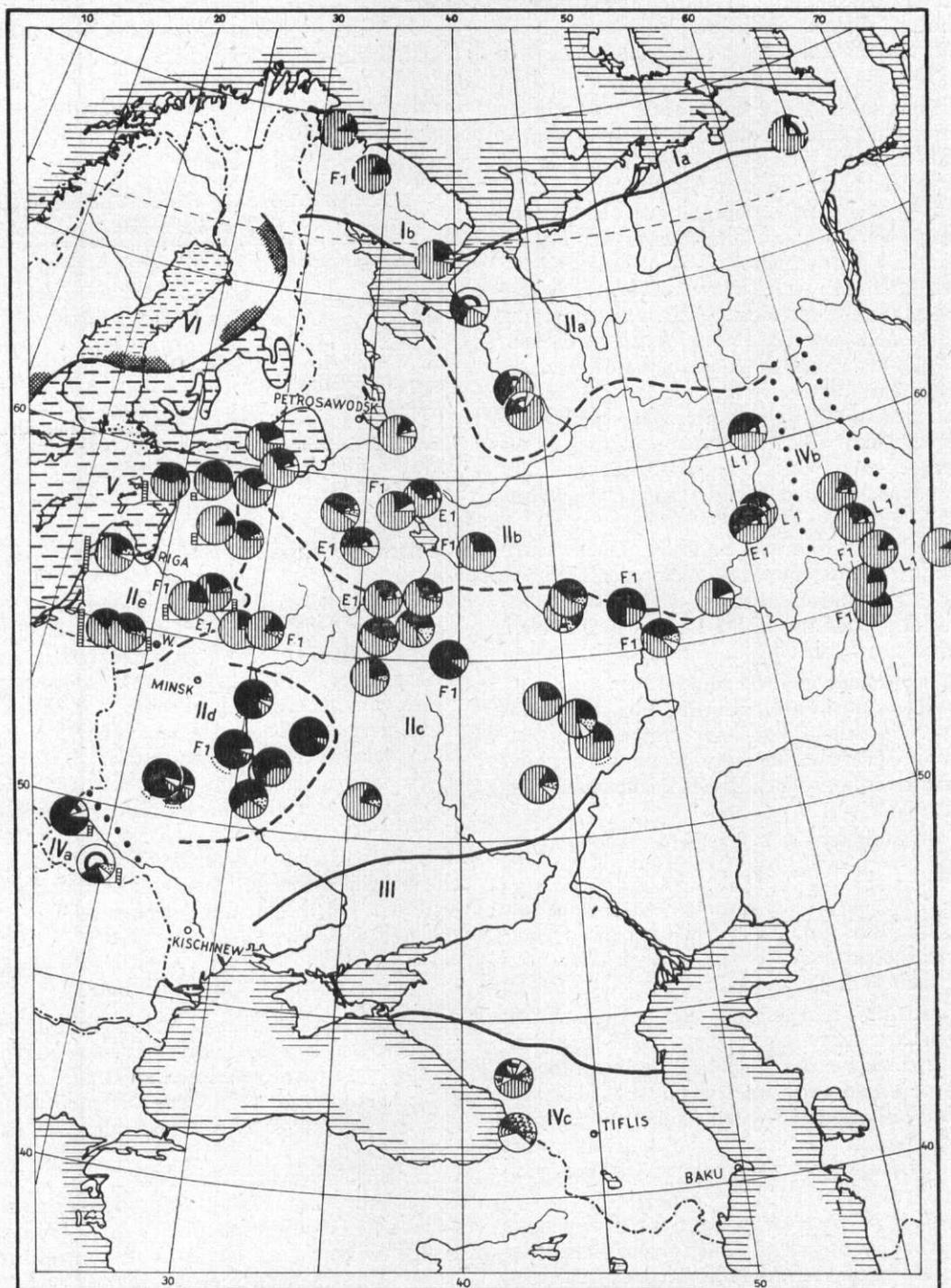


Abb. 2: Paläogeographische Karte des frühen Holozäns

I Zone der Tundra und der Waldtundra; II Waldzone; IIa Schattennadelwälder der Fichtentaiga; IIb lichte Kiefern-Birken-Wälder; IIc Birken-Kiefern-Wälder mit Eichenmischwaldvertretern; IId Kiefernwälder mit Eichenmischwaldvertretern; IIe Hasel-Birken-Kiefern-Wälder; III Steppenzone; IVa Gebirgswälder der Karpathen; IVb Gebirgswälder des mittleren Urals; IVc Kaukasische Wälder; V Ancylussee in seinem Anfangsstadium; VI abschmelzender skandinavischer Gletscher.

daß der Kaspisee seinen absoluten Tiefstand erreicht hatte (Tolstow, Kess und Schdanko, 1954; Jamnow und Kunin, 1953; Leontjew und Fedorow, 1953).

Auch der Balchaschsee hatte andere Uferlinien als heute. Von seinem höchsten Seespiegelstand während des „Balchasch-Alakul-Stadiums“, als sich der Balchaschsee mit dem Ssaryk- und Alakul zu einem großen See vereinigt hatte (Hochstand der letzten Vereisung), erniedrigte er sich bis zur sogenannten „Xerothermen Phase“, die der postglazialen Wärmezeit gleichzusetzen ist, in zunehmendem Maße und erreichte damals einen Stand, der von seinem wichtigsten Erforscher (Kurdjukow, 1952) als „Ssassyk-Alakul-Phase“ bezeichnet wurde. Auch der Ssaissan nor hatte seine Fläche erheblich gegenüber dem letzteiszeitlichen Stand verringert, wenn sie auch immer noch größer als die heutige war. Das gleiche trifft für die drei erstgenannten Seen ebenfalls zu (Kurdjukow, 1952).

Weitere Berichte über Endseen in eurasiatischen Trockengebieten liegen bisher nicht vor, so daß wir nur vermuten können, daß sich beispielsweise auch der Lob nor während der postglazialen Wärmezeit erheblich verkleinert hatte.

Die postglaziale Wärmezeit machte sich also, was besonders in die Augen fällt, zunächst einmal in einer erheblichen Verkleinerung der vergletscherten Gebiete und in einer Verringerung der Flächenausdehnung der Endseen bemerkbar.

Lage und Gestaltung der wärmezeitlichen Vegetationszonen

Im Folgenden sollen nun die Lage und die innere Gestaltung der wärmezeitlichen Vegetationszonen besprochen werden, doch ist dazu noch eine Vorbemerkung nötig.

Die zeitliche Gliederung der postglazialen Waldgeschichte Mitteleuropas ist schon sehr weit fortgeschritten (Firbas, 1949). Etwas weniger genau ist die Gliederung im europäischen Teil der UdSSR (Neistadt, 1953) (siehe Tabelle 1); besonders die Phaseneinteilung in der Ukraine weist einige Schwierigkeiten auf (Serkow, 1938; Zerow, 1935).

Noch viel schwieriger wird nun eine genaue zeitliche Einordnung der Funde im asiatischen Bereich. Hier ist es vielfach nur möglich, zwischen wärmezeitlichen und nichtwärmezeitlichen Funden zu unterscheiden, ohne daß man die Funde weiter datieren könnte. Dieser Übelstand macht sich aber auch begrifflicher Weise bei der Konstruktion der Kartenbeilage bemerkbar. Da es sehr wahrscheinlich ist, daß sich alle zugänglichen Berichte über die wärmezeitliche Vegetation der heu-

tigen asiatischen Tundren und Waldtundren auf die der mittleren Wärmezeit beziehen, wurde der Darstellung im europäischen Teil der UdSSR die bei Neistadt (1953) gegebene Grenzziehung des mittleren Holozäns (= Litorinazeit der Ostsee) zugrunde gelegt.

Tabelle 1
Gliederung der postglazialen Waldgeschichte:
Firbas Blytt-Sernander Neistadt

| Firbas | Blytt-Sernander | Neistadt |
|---------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Jüngere Nachwärmezeit | Subatlantikum | Spätes Holozän |
| Ältere Nachwärmezeit | | |
| Späte Wärmezeit | Subboreal | Mittleres Holozän |
| Jüngerer Teil der mittleren Wärmezeit | Atlantikum | |
| Älterer Teil der mittleren Wärmezeit | Boreal | Frühes Holozän |
| Frühe Wärmezeit | | |
| Vorwärmezeit | Präboreal | Altes Holozän |

Durch die Arbeiten Gerassimows (1946), Dumitraschkos und Kamanins (1946), Edelsteins (1936), Igoschinas (1947), v. Klebelsbergs (1922), Kudrjazews (1939), Kurdjukows (1952), Kuschews (1936), Powarnizyns (1937) u. a. ist aber die Lage der Waldsteppen- bzw. Steppengrenze während einer trockneren postglazialen Klimaphase, vergleichsweise der der frühen Wärmezeit, besser bekannt, als die der mittleren Wärmezeit. Daher wurde auch im europäischen Teil der UdSSR der vermutliche Stand der frühwärmezeitlichen (= frühes Holozän) Vegetationszonierung dargestellt, allerdings wird im folgenden selbstverständlich auf die Veränderungen bis zur mittleren Wärmezeit auch in diesem Gebiet hingewiesen werden.

Tundra und Waldtundra

Die das Landschaftsbild weiter Teile Eurasiens während der letzten Eiszeit (Frenzel und Troll, 1952 b) so stark beherrschende Tundra war fast völlig verschwunden. In dem küstennächsten Bereich der Barentssee zog sich ein schmaler Streifen einer Birken-Kiefern-Waldtundra auf Kola und einer Birkenwaldtundra östlich des Weißen Meeres hin (Neistadt, 1953; Gerassimow und Markow, 1939; Gerassimow, 1946; Solonjewitsch, 1939, referiert bei Gerassimow und Markow, 1939). Tundra war hier überhaupt nicht mehr vorhanden. Sie trat erst in der Halbinsel Jamal auf und bedeckte auch hier nur das nördlichste Gebiet, denn noch am Ufer von Nord-Jamal wuchsen damals *CAREX INFLATA*, *CICUTA VIROSA*, *EQUISETUM LIMOSUM*, *MENYANTHES TRIFOLIATA* und *POTAMOGETON PECTINATUS* (Tichomirow, 1938). Tichomirow (1938) konnte

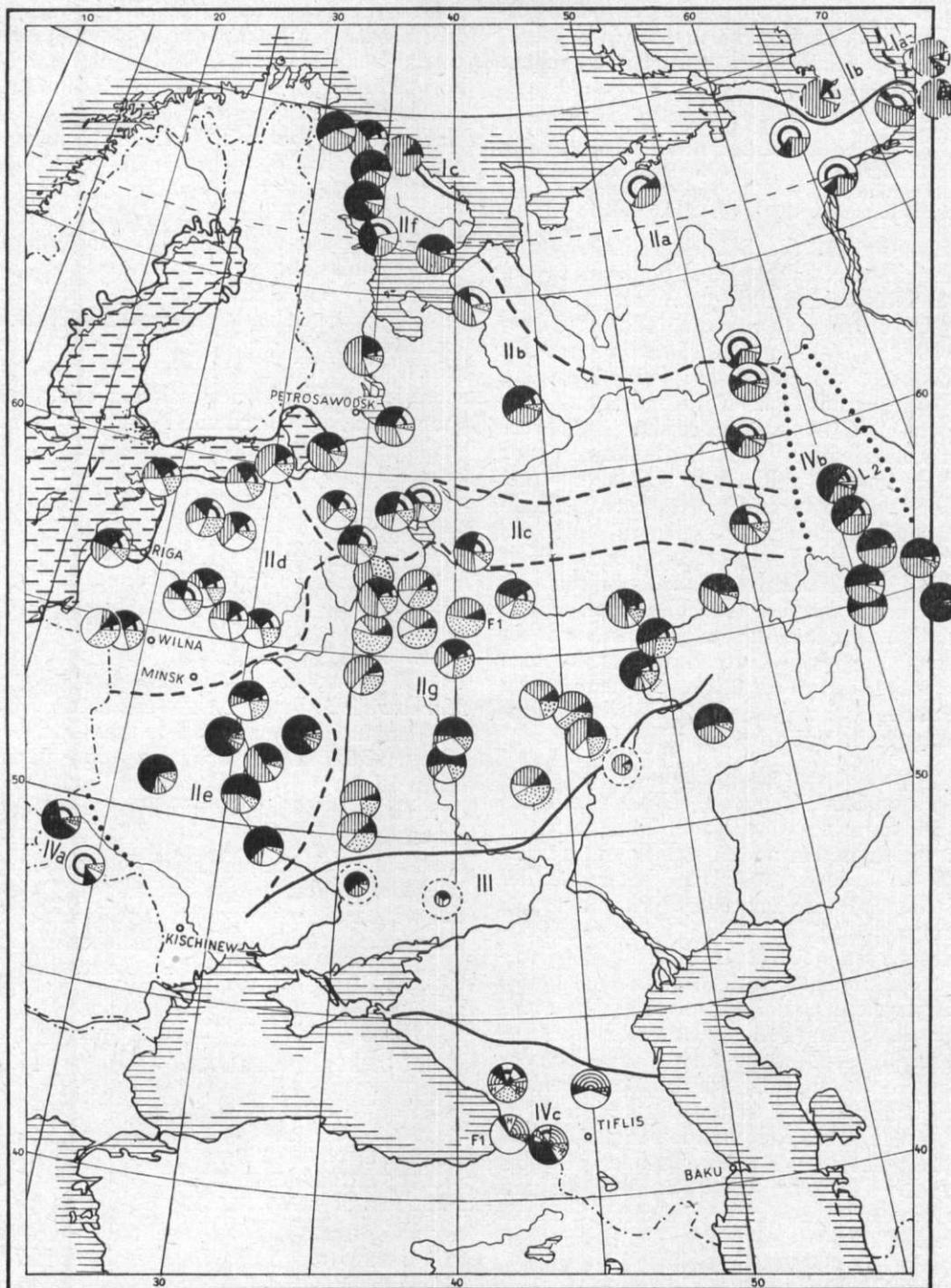


Abb. 3: Paläogeographische Karte des mittleren Holozäns

I Zone der Tundra und der Waldtundra (in der russischen Legende finden sich keine Erklärungen für die Zeichen Ia und Ib); II Waldzone; IIa Schattennadelwälder der Fichtentaiga; IIb Fichtenwälder mit Eichenmischwaldvertretern; IIc Fichten-Eichen-Mischwälder; IId Eichenmischwälder mit Fichte; IIe Eichenmischwälder-Kiefernwälder; II f (in der russischen Legende fehlt eine Erklärung für dieses Zeichen); IIg Eichenmischwälder; III Steppenzone; IVa Gebirgswälder der Karpathen; IVb Kiefern-Birken-Wälder des Urals; IVc Kaukasische Wälder; In mittlerer Höhenlage Buchenwälder, in Niederungen mit starkem Anteil der Erle. In der montanen Zone mit Tanne, Fichte, Eichenmischwaldvertretern; V Litorinameer.

auf Grund zahlreicher Bohrprofile auf Jamal folgende Verschiebung der wärmezeitlichen Vegetationszonen gegenüber den heutigen feststellen:

| Untersonen der Vegetation während der postglazialen Wärmezeit | Heutige Vegetationszonen in demselben Gebiet |
|---|--|
| südliche Tundra | südarktische Tundra |
| nördliche Waldtundra | typische Tundra |
| südliche Waldtundra | südliche Tundra |

Er stellt fest, daß die Gliederung in der Karischen und in der Gydan-Tundra genau so gewesen sei. Nur den nördlichsten Zipfel der Halbinsel Gydan bedeckte damals eine Tundra (*Tichomirow*, 1938; *Edelstein*, 1936; *Subkow*, referiert bei *Gerassimow* und *Markow*, 1939; *Kaz* und *Kaz*, 1946). Die nördliche Waldtundragrenze lag unter etwa 72° n. Br. am Jenissej-Busen und verlief von dort ziemlich direkt nach Norden, nur noch an der Nordwestecke der Taimyrhalbinsel der reinen Tundra einen etwas weiteren Raum lassend. Vielleicht begleitete damals auch ein schmaler Tundrastreifen das Nordufer der Taimyrhalbinsel. Doch wir wissen darüber nichts Genaues; vielmehr sprechen alle bisherigen Funde dafür, daß der größte Teil des Flachlandes dieser Halbinsel von der Waldtundra eingenommen war, die weiter östlich die Tundra in dem extrem kontinentalen Bereich ganz vom asiatischen Flachlandsboden verdrängt zu haben scheint.

Oben wurde bereits gesagt, daß die Waldtundra im europäischen Teil der UdSSR lediglich einen ganz schmalen Küstensaum einnahm. Südlich von ihr folgte ein birken- und kiefernreicher Fichtenwald, der die nördliche Unterzone der Taiga in diesem Raum darstellte (*Neistadt*, 1953). Bis 50 cm mächtige, von Dünen überdeckte Podsolprofile werden noch heute in den europäisch-russischen Tundren gefunden (*Gerassimow*, 1946). Sie reichen weit in die Klein- und Großlandtundra hinein und zeigen die wärmezeitliche Mindestverbreitung des Nadelwaldes an. Zwischen der Karischen Tundra und der Schtschutscheja, einem linken Nebenfluß des untersten Ob unter 67° 50' und 68° 25' n. Br. dehnten sich damals Wälder aus *BETULA ALBA* (Pollenprozentzahlen 36% bis 65%), *PICEA* (23—33%), *PINUS* (5—30%) und *ALNUS* (bis 12%) aus. Im wesentlichen wird man wohl diese Wälder als zur Taiga gehörig ansehen dürfen, und nur die nördlichsten dieses Gebietes, mit 70—97% *BETULA ALBA*, 1—3% *PICEA* und bis 6,7% *SALIX* gehörten in die Waldtundra (*Jegorowa*, 1930; *Neistadt*, 1953). Nicht nur Pollen, sondern auch makroskopische Reste von *PICEA*, *LARIX*, *BETULA*, *ABIES*, *ALNUS*, *RUBUS IDAEUS* und *CERATOPHYLLUM DEMERSUM* wurden hier gefunden, so daß es sich wohl um recht artenreiche Wälder handelte.

Daß die Nordgrenze der Taiga auch weiter östlich stark nach Norden vorstieß, sieht man daran, daß bei Sale Chard (Obmündung) und Nowyj Port (Halbinsel Jamal unter 67,5° n. Br.), wo sich heute die Nordgrenze der lichten Sumpfnadelwälder, bzw. die Zwergstrauchtundra ausdehnen, damals ein sehr artenreicher Wald aus *PICEA*, *LARIX*, *BETULA*, *PINUS CEMBRA*, *PINUS SP.*, *ALNUS* und *SALIX* mit reichem Unterwuchs stockte (*Kaz* und *Kaz*, 1946). Die nördliche Taigagrenze muß also während der postglazialen Wärmezeit mindestens 170 km nördlicher als heute gelegen haben. Wahrscheinlich hatte sie sich aber noch viel weiter verschoben, denn die bei den beiden genannten Lokalitäten gefundenen Pflanzenreste des Unterwuchses lassen erkennen, daß damals bei Sale Chard und Nowyj Port Pflanzen gediehen, deren nördliche Verbreitungsgrenze heute 10—15° südlicher verläuft:

ATHYRIUM FILIX FEMINA
DRYOPTERIS THELIPTERIS
CAREX DIANDRA
SCHEUCHZERIA PALUSTRIS
 (*Kaz* und *Kaz*, 1946).

In der nördlich anschließenden Waldtundra wuchsen *BETULA ALBA* (an der Juribaja unter 70° 37' [*Subkow*, referiert bei *Gerassimow* und *Markow*, 1939]) und *LARIX* (unter 70° 30' n. Br. am Jambuto-See auf der Halbinsel Gydan [*Edelstein*, 1936]). Die Nordgrenze der wärmezeitlichen Waldtundra muß also auf Jamal und Gydan 300—350 km nördlicher als heute gelegen haben.

Das heute an der nördlichen Waldtundragrenze gelegene Dudinka (Jenissejmündung) befand sich während der postglazialen Wärmezeit in der Taigazone, wie Funde verschiedener Baumarten und besonders makroskopische Reste von

MENYANTHES TRIFOLIATA
EQUISETUM CF. HELEOCHARIS
CAREX ROSTRATA
SCHEUCHZERIA PALUSTRIS
CAREX LIMOSA
ATHYRIUM FILIX FEMINA
CAREX DIANDRA
DRYOPTERIS FILIX MAS
DRYOPTERIS THELYPTERIS
DRYOPTERIS LINNAEANA

erweisen. Aus den Funden geht aber auch hervor, daß damals die Taiga in den nördlichen Bereichen höher als heute an den Bergen emporstieg, ohne daß man die genaue Höhenlage der Waldgrenze angeben könnte (*Kaz* und *Kaz*, 1946).

Östlich des Jenissej, bei Sonotschnaja Korga, unter 72° n. Br., dehnten sich Birkenwälder aus, und Torfmoore entstanden dort (*Gerassimow* und *Markow*, 1939). Ungefähr hier muß also die wärmezeitliche Taigagrenze verlaufen sein. Nörd-

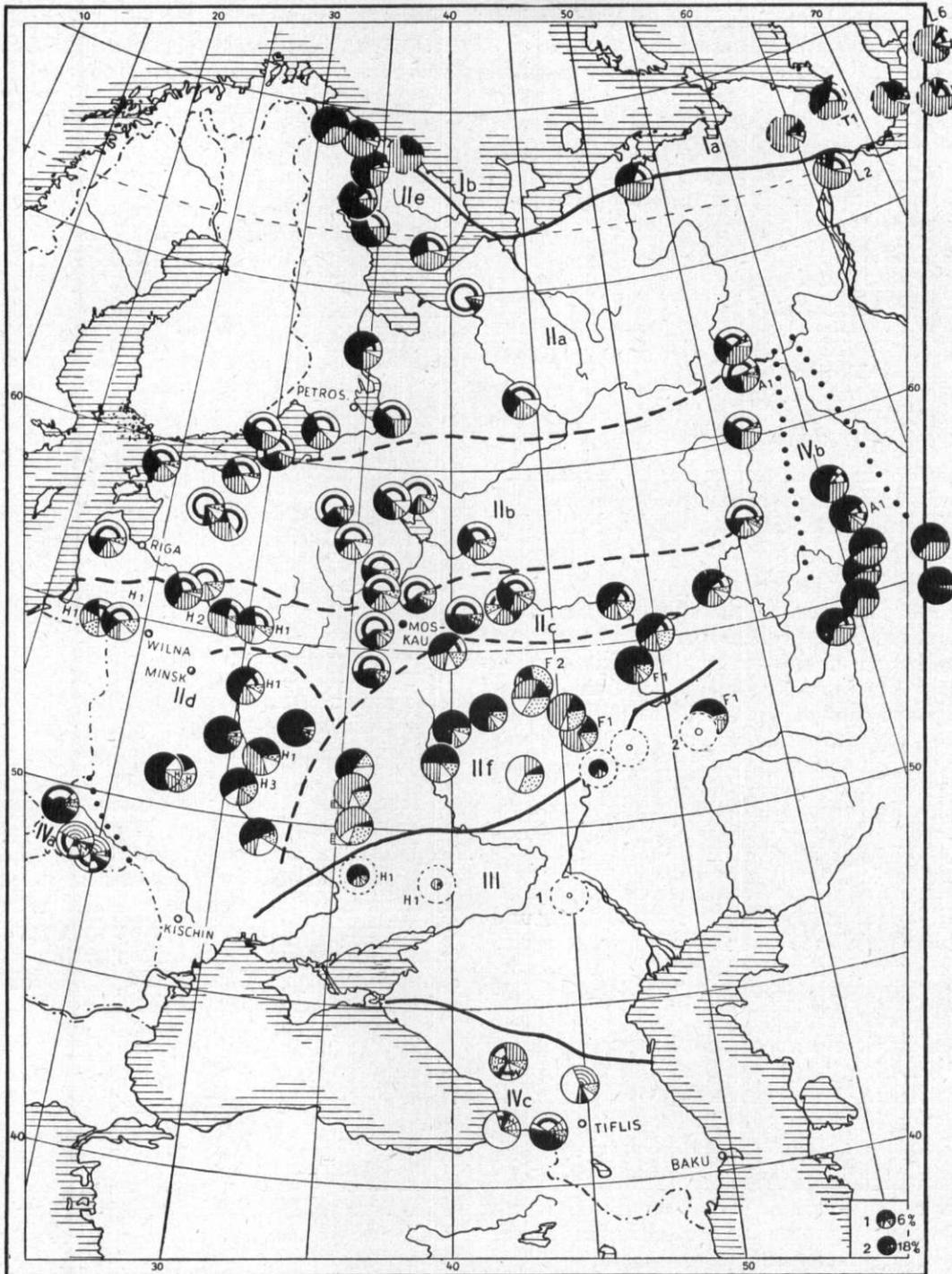


Abb. 4: Paläogeographische Karte des späten Holozäns

I Zone der Tundra und der Waldtundra; II Waldzone; IIa Schattennadelwälder der Fichtentaiga; IIb Fichtenwälder mit Eichenmischwaldvertretern; IIc Nadel-Eichen-Mischwälder; IId Kiefern-Eichen-Mischwälder mit Hainbuche; IIe Kiefern-Birken-Wälder auf der Halbinsel Kola; IIf Eichenmischwälder; III Steppenzzone; IVa Wälder der Karpathen mit einer großen Buchen- und Tannenverbreitung; IVb Kiefern-Birken-Wälder des Urals; IVc Kaukasische Wälder verschiedener Zusammensetzung in Abhängigkeit von der Höhenstufe.

1 und 2 stellen die Zusammensetzung der Baumpollen in den Steppenspektren dar, die auf der Karte unter den gleichen Nummern aufgeführt sind. Der Durchmesser des inneren Kreises zeigt den Prozentsatz der Baumpollen an der Gesamtpollenmenge an.

lich davon erstreckte sich die hier aus Lärchen und Weiden bestehende Waldtundra, in der Lärchenwälder (*LARIX CF. DAHURICA*) am Pjassinatal nach Norden zu den den Taimyrsee umgebenden Lärchenwäldern vorstießen. Überhaupt lassen sich auf der Taimyrhalbinsel bis in $76^{\circ} 50'$ n. Br. diese Lärchenwälder verfolgen, und Reliktpflanzen in den heutigen Tundren dieser Halbinsel zeugen von der ehemaligen Waldtundra:

LEDUM PALUSTRE
VACCINIUM VITIS IDAEA
BETULA EXILIS
VACCINIUM ULIGINOSUM
EMPETRUM NIGRUM
PIROLA GRANDIFLORA
LYCOPODIUM APPRESSUM
PIROLA OBTUSATA
TOFIELDIA NUTANS.

Die nördliche Waldtundragrenze dürfte demnach während der postglazialen Wärmezeit auf der Taimyrhalbinsel um etwa 500 km nach Norden vorgestoßen sein (*Gerassimow* und *Markow*, 1939; *Tichomirow*, 1939).

Unter $73,5^{\circ}$ n. Br. befand sich am Taimyrfluß die nördliche Taigagrenze, hier vorwiegend aus Lärchen bestehend (*Urwanzew*, referiert bei *Gerassimow* und *Markow*, 1939). Auch am Neuen Fluß, einem linken Nebenfluß der Chatanga, dehnten sich diese Wälder aus, deren Baumstämme 45 cm Durchmesser erreichten (*Tjulina*, referiert bei *Gerassimow* und *Markow*, 1939). Um den unteren Anabar findet man in den heutigen Tundren so viel Lärchenholz in situ (100 m³ pro ha), daß dort das Vorhandensein wärmezeitlicher Lärchenwälder, wie auch an der Tixabucht, wo Wälder aus *BETULA ALBA*, *LARIX*, *PICEA* und baumförmiger Weide stockten, völlig gesichert zu sein scheint und anzeigt, daß dort die Taiga vorhanden war (*Sotschawa* und *Tichomirow*, referiert bei *Gerassimow* und *Markow*, 1939). Die Waldtundra scheint in diesem Gebiet vom Kontinent verdrängt gewesen zu sein. Sie trat in Gestalt von Erlen- und Birkenhainen erst wieder auf der Großen Ljachow- und auf der Fadejew-Insel auf (*Gerassimow* und *Markow*, 1939).

Östlich der Lena besiedelten Lärchen- und Birkenwälder, in denen die Birkenstämme bis 12 cm stark wurden (gegenwärtig nördlichstes gleichartiges Vorkommen in diesem Raume 500 bis 700 km südlicher), die heutigen Tundren beiderseits der Indigirka. An feuchteren Stellen bildeten sich damals bis zu einen Meter mächtige Torfmoore, und noch heute künden zahlreiche Reliktpflanzen von der damaligen dichten Waldtundra, oder besser Taiga (*Scheludjakowa*, 1938). Auf der Tschuktschenhalbinsel waren ebenso alle Flachlandtundren verschwunden, und Wälder aus

ABIES und *PICEA AJANENSIS*, mit *SCHEUCHZERIA PALUSTRIS*, bildeten an der Penschina die nördliche Fazies der Taiga (*Tichomirow*, 1938).

Während der postglazialen Wärmezeit war die Tundra also fast ganz aus den eurasiatischen Flachländern verschwunden. Sie nahm nur noch schmale Streifen auf den Halbinseln Jamal, Gydan und Taimyr ein. Selbst die Waldtundra war aus Europa annähernd völlig verdrängt. Im küstennahen Gebiet der Halbinsel Kola bestand sie vornehmlich aus Birke und Kiefer. Die Birke scheint damals überhaupt für die Waldtundra sehr charakteristisch gewesen zu sein und zwar viel stärker als heute. So dehnte sie ihr Areal bis zur Großen Ljachow-Insel aus; ihre Begleiter wechselten aber, denn an die Stelle der in Europa herrschenden Kiefer traten in West- und Mittelsibirien die Lärche und Weide. Hatte die Waldtundra in Westsibirien noch eine recht weite Verbreitung, so wurde sie in Mittelsibirien und großen Teilen Ostsibiriens durch die nördliche Fazies der Taiga fast völlig vom Kontinent verdrängt.

Weite Teile der heutigen eurasiatischen Tundren und Waldtundren stocken auf der ewigen Gefrornis. Zahlreiche Befunde paläobotanischer, frostgeologischer, stratigraphischer und pflanzenökologischer Natur sprechen aber dafür, daß die ewige Gefrornis in Mittel- und Ostsibirien sicher auch während der postglazialen Wärmezeit vorhanden war, daß diese eigenartige Erscheinung zu der fraglichen Zeit aber wenigstens nur sehr sporadisch in Westsibirien und im europäischen Teil der UdSSR zu beobachten war. Vielmehr datiert der größte Teil des ewig gefrorenen Bodens dieser Gebiete aus der Periode nach der postglazialen Wärmezeit, d. h. er entspricht im wesentlichen den heutigen Klimaverhältnissen und ist nicht als fossil anzusehen (*Kaz* und *Kaz*, 1946; *Tumel*, 1946; *Lawrowa*, 1936, 1941).

Die Taiga

Südlich der Waldtundra am Nordrand der Großlandtundra und auf Jamal schloß sich schon in hohen nördlichen Breiten die Taiga an, die hier vornehmlich aus einem Fichten-Birken-Kiefernwald bestand. Die Fichte war der vorherrschende Baum. Im Westen, auf der Halbinsel Kola, wurde diese Waldart aber von einer anderen Taigaart ersetzt, nämlich von einem Kiefern-Birken-Wald, dem sich schon bei Archangelsk *QUERCUS*, *ULMUS* und *TILIA* beimischten (*Gerassimow* und *Markow*, 1939; *Neistadt*, 1953). So dehnten sich südlich der Linie Archangelsk—Obere Petschora Kiefern-Birken-Fichten-Wälder mit Beimengungen von Vertretern des Eichenmischwaldes aus. Allmählich nahm der Prozentsatz der Eichen-

mischwalelemente und der Fichte immer stärker zu, so daß sich von Leningrad über Wologda nach Molotow Fichten-Eichen-Mischwälder erstreckten, die nach Süden in immer reinere Eichenmischwälder übergingen. Jedoch war diese Zone, die sich von dem eben erwähnten Gebiet bis zur nördlichen Waldsteppengrenze hinzog, nicht einheitlich gestaltet. In den baltischen Ländern wurden die Eichenmischwälder durch die Erle gekennzeichnet, die wohl in sehr starkem Maße Flüsse und Seen begleitete. Östlich und nordöstlich der von schönen Fichtenwäldern bedeckten Karpathen zogen sich auf den weiten Sandfeldern des Polessej und der sandigen Terrassen des mittleren Dnjepr Kiefern-Birken-Wälder hin, in denen die Vertreter des Eichenmischwaldes nur sehr wenig vorhanden waren. Diese Kiefern-Birken-Wälder überwogen auch östlich der mittleren Wolga und leiteten in die den Ural auf der Westseite begleitenden Fichten-Kiefern-Birken-Wälder über. Das ganze mittlere Gebiet aber wurde von ausgedehnten kiefern- und birkenreichen Eichenmischwäldern eingenommen (Neistadt, 1953; Gerassimow, 1926; Malejew, 1946; Solonjewisch, 1946).

Ob jedoch die Nordgrenze der wärmezeitlichen Steppen so weit im Süden gelegen hat, wie es Neistadt darstellt, ist fraglich. Leimbach (1948) scheint eine ähnliche Ansicht wie Neistadt zu vertreten, wenn er meint, daß die Ukraine schon in der postglazialen Wärmezeit ausgedehnt bewaldet gewesen sei und daß die heutigen Tschornosjom-Böden aus schlechteren Böden progradiert seien. Demgegenüber vertritt Wilhelmy (1943) die Anschauung, daß die Nordgrenze der degradierten Tschornosjom-Böden der frühwärmezeitlichen Steppengrenze entspräche, ganz analog den Angaben Gerassimows (1946), aus denen hervorgeht, daß die grauen podsolierten Böden des heutigen Waldsteppenbereiches ursprüngliche Steppenböden seien, die später degradierten. Es ist nun sehr interessant, daß die chwalynischen Sedimente des Nord-Kaspisees von Lössen und lößähnlichen Sedimenten bedeckt sind (Großer Sowjet-Weltatlas, 1937). Ganz gleich, ob man eine postglaziale Lößbildung anerkennen will oder nicht, spricht doch das Vorhandensein dieser Sedimente für eine wenigstens spät-, sicher aber postglaziale offene Grasvegetation in diesem Gebiet, von dessen Nordrand Neistadt (1953) Steppen- und Waldpollenprofile vorlegt. Weiterhin fällt auf, daß im südlichen mittleren Laubwaldgebiet Neistadts (1953) vielfach sehr hohe Nichtbaumpollen-Prozentzahlen auftreten, die oft 30 Prozent überschreiten. Es ist außerdem zu berücksichtigen, daß selbst in der Nordwest-Ukraine das Land erst in der mittleren Wärmezeit geschlossen bewaldet war, und daß vorher lediglich viel-

fach mehr oder weniger dichte Kiefernwälder die Wasserläufe auf den sandigen Terrassen begleiteten (Zerow, 1935). Selbst bei Moskau (Nerskij-See, 30 km nordwestlich Moskau) ist das ganze ältere Postglazial bis kurz vor Beginn der mittleren Wärmezeit durch weite, offene Grasflächen gekennzeichnet (Nichtbaumpollen bis über 40%), in denen besonders *ARTEMISIA* und *CHENOPODIACEEN* wuchsen (Lissizina, 1953). All das gestattet wohl, die Nordgrenze der wärmezeitlichen, genauer frühwärmezeitlichen, Steppen so zu ziehen, wie das in der Kartenbeilage geschehen ist, d. h. sie im wesentlichen der Nordgrenze der grauen, podsolierten Böden der heutigen Waldsteppengebiete folgen zu lassen (Gerassimow, 1946; Großer Sowjet-Weltatlas, 1937). In der mittleren Wärmezeit (= mittleres Holozän) scheint dann jedoch der Wald tatsächlich weiter nach Süden auf die frühwärmezeitlichen Waldsteppen vorgestoßen zu sein.

Das Russische Flachland begrenzte im Osten der in seinem südlichen Abschnitt von Kiefern und Birken bestandene Ural, auf dem weiter im Norden in immer stärkerem Maße die Fichte Fuß faßte. Diese Gebirgswälder leiteten zu den weiten Waldungen West- und Mittelsibiriens über.

Oben wurde wiederholt die nördliche Fazies der Taiga erwähnt, die in Westsibirien aus *PICEA*, *PINUS CEMBRA*, *PINUS SP.*, *BETULA ALBA* und *LARIX CF. DAHURICA* bestand. In der sehr artenreichen Kraut- und Strauchschicht wuchsen:

MENYANTHES TRIFOLIATA
EQUISETUM CF. HELEOCHARIS
CAREX ROSTRATA
SCHEUCHZERIA PALUSTRIS
CAREX LIMOSA
ATHYRIUM FILIX FEMINA
CAREX DIANDRA
DRYOPTERIS FILIX MAS
DRYOPTERIS THELIPTERIS
DRYOPTERIS LINNAEANA

In Mittelsibirien errang die Lärche im Waldbild dieser Zone eine immer größere Bedeutung, so daß weite Lärchen-Birken-Wälder, mit *PINUS CEMBRA*, den ganzen nördlichen Bereich einnahmen und erst in Ostsibirien, nachdem schon früher die Zirbelkiefer die Ostgrenze ihrer Verbreitung erreicht hatte, im Küstenbereich des Bering-Meeres in eine laubholzreichere, maritime Fazies übergingen, in der *ALNUS*, *ABIES*, *PICEA AJANENSIS*, *LARIX*, *BETULA* und *POPULUS* reichlich vertreten waren (Fundorte: Penschina-Anadyr [Tichomirow, 1938] und Main, rechter Nebenfluß des Anadyr [Neistadt und Tjulina, 1936], sowie unterer Anadyr [Subkow, 1931]). Eine ganz ähnliche Vegetation ist heute erst wieder auf Kamtschatka anzutreffen, d. h. diese Funde sprechen für eine erhebliche wärmezeitliche Nord-Wanderung

der erwähnten Vegetation (Tichomirow, 1950; Wasskowskij, 1950).

Südlich schlossen sich an die nördliche Taigazone weite Fichten-Tannen-Erlen-Arven-Wälder an, die nun aber bezeichnenderweise nicht wie heute ihre Ostgrenze im Westteil Mittelsibiriens erreicht hatten, sondern die noch erheblich nach Osten vorstießen. Powarnizyn (1937) erwähnt ihr damaliges Vorhandensein am Nordufer des Baikalsees, wo *ABIES* bis 43 %, *PICEA* bis 45 %, *PINUS CEMBRA* bis 12 %, sowie *BETULA* und *ALNUS* ebenfalls bis zu je 12 % vertreten waren, während Alabyschew (1932) Pollendiagramme vom Oberlauf des Aldan mitteilt, in denen *ABIES* bis 3,6 %, *PICEA* bis 17,2 %, *PINUS CEMBRA* bis 10,4 % und *ALNUS* bis 5,2 % vorkamen, während den Rest *PINUS CF. PUMILA* stellte. Sicherlich deuten diese Prozentzahlen auf die Ostgrenze des Fichten-Tannen-Arven-Erlen-Waldes hin. Es muß aber sehr fraglich bleiben, ob man, wie es Alabyschew (1932) tut, aus dem Vorkommen eines einzigen *QUERCUS* pollens etwas oberhalb des Horizontes, aus dem die oben erwähnten Pollenprozentzahlen mitgeteilt wurden, auf die postglaziale Wärmezeit schließen kann, zumal dieser eine Pollen nur 0,4 % ausmacht.

Diese artenreiche Taiga leitete nach Süden in Westsibirien in *TILIA*- und *CORYLUS* reiche Nadelwälder über (Iwdel an der Losjwa, 61 ° n. Br. [Igoschina, 1947]), die heute bestenfalls 150 km südlicher anzutreffen sind.

Es wäre falsch, wollte man sich die wärmezeitliche mittelsibirische Taiga als einen geschlossenen Nadelwaldkomplex vorstellen. Tatsächlich durchsetzten diese Wäldungen immer wieder lokale Steppengebiete, wie etwa an der mittleren Lena, im Bereich der heutigen Alasse, wo Löss und lößähnliche Lehme die sicher postglazialen tiefsten Flußterrassen bekleiden und weit auf die flachen Wasserscheiden hinaufziehen (Gerassimow und Markow, 1939). Bei Markowo, an der Lena unter 57 ° n. Br., erstreckten sich ebenfalls Steppengebiete, die von Dumitraschko und Kamanin (1946) pollenanalytisch eindeutig nachgewiesen wurden; und Steppen umgaben die obere Angara, sowie das Nordwestufer des Baikalsees (Dumitraschko und Kamanin, 1946). So sind an der oberen Angara die Nichtbaumpollen zu 26 bis 36 % vertreten, am Nordwestufer des Baikalsees sogar zu 75 %, wobei bis zu 44 % von *ARTEMISIA* pollen gestellt werden. In den auch heute trockensten Gebieten der mittelsibirischen Taiga waren also während der Wärmezeit lokal immer wieder kleinere und größere Steppengebiete vorhanden, die man wohl als Übergänge zu der großen mittel- und zentralasiatischen Steppenprovinz der postglazialen Wärmezeit ansehen muß.

Steppen und Wüsten

Oben wurde unter Vorbehalten die wärmezeitliche nördliche Steppengrenze im Russischen Tiefland gezogen. Will man nun weiterhin für West- und Mittelsibirien die nördliche Grenze der grauen podsolierten Waldsteppenböden als Nordgrenze der wärmezeitlichen Steppen gelten lassen (Gerassimow, 1946), dann muß man sich noch nach anderen Indizien umsehen, um diese Linienführung in ihrer Richtigkeit zu unterbauen. Daß während der Wärmezeit die Steppen in West- und Mittelsibirien weiter nach Norden gerückt waren, ersieht man aus der weiten Verbreitung von Steppen in Mittelsibirien (s. o.) und der Nordwärtsverlagerung der südlichen Taigazone (s. o.). Aber auch noch andere Berichte liegen vor.

So dürften die Auswehungswannen bei Tscheljabinsk-Troizk, wie auch die Löss bei Omsk postglazialen Alters sein (Edelstein, 1936; Schultz, 1928). Im Berda- und Inatal (Kusnezki Alatau), sowie bei Minussinsk und Krassnojarsk (Sokolow, 1935; Suslow, 1936; Schultz, 1928) stehen Löss und lößähnliche Sedimente an, die sicher nach der letzten Eiszeit und vermutlich während der postglazialen Wärmezeit gebildet wurden, die also die recht beträchtliche Nord- und Aufwärtsverlagerung der mittelasiatischen Lößsteppen während der postglazialen Wärmezeit erweisen. Allerdings waren die Abhänge des kasakischen Faltenlandes wohl nicht mehr, wie in der letzten Eiszeit, bewaldet (Frenzel und Troll, 1952 b), sondern dieses Bergland trug wohl eine dichtere Steppe oder bestenfalls eine Waldsteppe.

Die südliche Waldsteppengrenze dürfte demnach in Westsibirien damals etwa 200 km nördlicher als heute gelegen haben.

Obrutschew (referiert bei Plaetschke, 1937) berichtet von fossilen Lössen und Dünen im Selenga-gebiet (Transbaikalien), die während der letzten Eiszeit vermutlich nicht haben entstehen können, da das dortige Gebiet während dieser Epoche viel stärker als heute bewaldet war (v. Wißmann, 1938; Frenzel und Troll, 1952 b), so daß man diese Löß- und Dünenzeit wohl in die postglaziale Wärmezeit stellen darf. Hierauf deuten auch Beobachtungen Kudrjazews (1939) über postglaziale lößähnliche Sedimente auf der Wasserscheide zwischen Seledscha (linker Nebenfluß der Seja) und der Byssa hin, ferner fossile Löss und Dünen zwischen Argun und Chalchan am Westabhang des Großen Chingan (Plaetschke, 1937). Recht wesentlich ist auch, daß den Unterlauf des Amur (unter 50 ° n. Br.), wo heute Eichenwälder an den Berghängen und weite Auenwälder beiderseits des Flusses gedeihen und nur noch wenige offene Grasländer die flußnahen Gebiete bedek-

ken, während der postglazialen Wärmezeit vorwiegend *BETULA* und *PINUS SIBIRICA* stockten, was auf eine Nordverschiebung waldsteppenartiger Pflanzengemeinschaften um etwa 250 km deutet (Kuschew, 1936).

Es dürfte somit erwiesen sein, daß während der postglazialen Wärmezeit, vermutlich während der frühen Wärmezeit, die nördliche Steppengrenze in Mittel- und Zentralasien weit nach Norden vorgestoßen war.

Aber auch an der südlichen und oberen Grenze der turanischen Steppen und zentralasiatischen Steppenprovinz hatten sich große Veränderungen vollzogen.

Die postglaziale Wärmezeit ist nach *Spiridinow* (1919) und *Schultz* (1928, 1941) die wichtigste Zeit in der Ausgestaltung des mittelasiatischen Landschaftsbildes. Damals entstanden die Dünen am Delta des Amu darja, die Hügelsande der westlichen Kara kum, die Reihensande zwischen Ungus und Usboi, die fossilen Dünen zwischen Tedschen und Murghab und die Dünen südlich des Balchaschsees. Bei Astärabad hatte sich die untere Waldgrenze mehrere 100 m nach oben verschoben, und postglaziale Löss überdeckten Kulturreste aus der Zeit um 3000 v. Chr. (*Bobek*, 1937). Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse in den mittelasiatischen Gebirgen, wo Lößsteppen zwischen 300 m und 1000 m optimal ausgebildet waren (*Gerassimow* und *Markow*, 1939), und noch in 2000 m Höhe kam es lokal zu Wüstenbildungen (v. *Klebelberg*, 1922). Letzteiszeitliche Moränen und Schotterterrassen der mittelasiatischen Gebirge wurden aber von Lössen zugeeckt (*Schultz*, 1916), so daß recht deutlich wird, wie stark während der postglazialen Wärmezeit die mittelasiatischen Lößsteppen an den Gebirgen emporstiegen.

Eine ganz ähnliche Entwicklung machten auch die Vegetationszonen Zentralasiens durch. Hier stiegen während der postglazialen Wärmezeit die Lößsteppen an den Hängen des Kun lun hinauf und überzogen die letzteiszeitlichen Moränen (*Norin*, 1932, 1941; *Soboljewskij*, 1919). Die über den Lößsteppen gelegenen dichteren Kräutersteppen wanderten ebenfalls aufwärts. Gegenwärtig sind sie an den Hängen des Kun lun in mittlerer Höhenlage zu finden. Damals jedoch bedeckten sie in 4000 m Höhe die Umgebung des Kuschku Maidan (78° 20' ö. L. und 36° n. Br.). Hier fand *Bjeljajewskij* (1947) Pollen von

| | |
|-----------------------|--------|
| <i>PICEA</i> | 1,2 % |
| <i>EPHEDRA</i> | 12,6 % |
| <i>GRAMINEAE</i> | 2,3 % |
| <i>POLYGONACEAE</i> | 14,7 % |
| <i>CHENOPODIACEAE</i> | 30,0 % |
| <i>DELPHINIUM</i> | 0,6 % |

| | |
|----------------------|--------|
| <i>RANUNCULUS</i> | 12,6 % |
| <i>PAPILIONACEAE</i> | 10,0 % |
| <i>FUMARIACEAE</i> | 0,6 % |
| <i>ARTEMISIA</i> | 4,7 % |
| unbestimmt | 10,9 % |

in so reichlicher Menge, daß man mit ziemlicher Sicherheit die wärmezeitliche Vegetation in der Umgebung des Kuschku Maidan als eine *CHENOPODIACEEN-EPHEDRA-PAPILIONACEEN*-Steppe bezeichnen kann. Einzelne Fichtenhaine scheinen in den Flußtätern in nicht allzu großer Entfernung gestockt zu haben. Hierauf weist auch eine Nachricht *Vissers* (1933) hin, daß nämlich im Karakorum noch 400 m oberhalb der heutigen Baumgrenze fossile Baumvorkommen beobachtet werden können.

In Mittel- und Zentralasien hatte sich also während der postglazialen Wärmezeit die nördliche Steppengrenze nach Norden und die obere nach oben verschoben. Im ganzen hatte dadurch der eurasiatische Steppen- und Wüstenbereich erheblich an Ausdehnung gewonnen.

Eigenartigerweise zeigt es sich nun, daß in Nordwest-China und im Südostabschnitt der Mongolei die Steppenvegetation zurückgedrängt war: Wasserbüffel und Bambusratte, die heute nur noch in Süd- und Mittelchina anzutreffen sind, lebten damals in 1800 m Höhe in Kansu; heute fossile Torfmoore entstanden in der südlichen Mongolei, und *CELTIS*-Wälder stockten damals wahrscheinlich in der Umgebung von Kalgan (*Andersson*, 1943; *Barbour*, 1935). Eine waldsteppenartige Vegetation muß also die südliche Mongolei bedeckt haben. Vermutlich erklärt sich diese eigenartige Vegetationsentwicklung Ost-Asiens damit, daß durch die allgemeine Temperaturzunahme während der postglazialen Wärmezeit die Polarfront weiter nach Norden verlagert war als heute und somit Feuchtigkeit bringende Zyklonen den Südrand der Mongolei immer wieder überschreiten konnten, so Anlaß zur Moorbildung gebend.

Wie die vertikale Vegetationszonierung an den mittelasiatischen und südzentralasiatischen Gebirgen beschaffen war, wissen wir nicht im einzelnen. Vermutlich war sie der heutigen recht ähnlich.

Das zeigen die äußerst reichhaltigen Wälder in den Niederungen der Kolchis, in denen *ALNUS*, *PINUS*, *CARPINUS*, *FAGUS*, *QUERCUS*, *BETULA*, *CASTANEA*, *PICEA* und *ABIES* vertreten waren. Im collinen Bereich herrschten Eichenmischwälder, die nach oben in ausgedehnte Buchenwälder überleiteten (*Neistadt*, 1953; *Malejew*, 1946). Diese Vegetationsgliederung ist der heutigen fast gleich. Somit können wir wohl auch annehmen, daß ähnliche Wälder wie heute die mittelasiatischen Ge-

birge vom Altai bis zum Tien schan bedeckten, in denen Tannenwälder sicher recht wichtig waren. Es dürfte aber verfrüht sein, wollte man versuchen, die wärmezeitlichen Vegetationszonen Süd-Asiens zu rekonstruieren.

Zusammenfassung

Ohne im einzelnen genau sagen zu können, aus welchem Abschnitt der postglazialen Wärmezeit die besprochenen Funde stammen, steht doch fest, daß sie sich auf die Periode beziehen, die von *Neistadt* (1953) als das frühe und mittlere Holozän bezeichnet wurde. Damals war die Tundra fast ganz aus Eurasien verschwunden, und auch die Waldtundra wurde im europäischen Teil der UdSSR, sowie in Mittelsibirien durch die energisch vorstoßende Taiga vom Festland weitgehend verdrängt. In einer überraschend kurzen Zeit hatte der Wald, im Westen und Osten um die Alpen herumgreifend und schnell von West- und Mittelsibirien vorstoßend, das ehemals waldfreie Gebiet seit dem Rückzug der letzteiszeitlichen Gletscher (*Frenzel* und *Troll*, 1952 b) wieder erobert. Schon waren im wesentlichen auch die gleichen Vegetationszonen, wie heute, herausgebildet, nur lagen sie alle nördlicher als heute, ein eindrucksvoller Hinweis auf die Vitalität der pflanzlichen Lebewesen.

Die große eurasiatische Steppen- und Wüstenprovinz hatte sich merklich gegenüber dem letzteiszeitlichen Stand verkleinert, doch noch immer war sie ausgedehnter als heute, und zum Teil erst in dieser Zeit bildeten sich die heute so markanten Wüstenformen heraus, die kleiner gewordenen Endseen einengend.

Alle dargelegten Befunde stellten aber nichts Beständiges dar, sondern sie alle sind lediglich kurz währende Momentausschnitte aus einer großen pendelnden Bewegung: Der durch eine allgemeine, erhebliche Klimaverschlechterung bedingte Zustand der Vegetation und der eurasiatischen Landschaften schlug nach Beendigung dieses negativen Einflusses überaus schnell in das entgegengesetzte Extrem um, das aber seinerseits zu keinem Dauerzustand, sondern zu einem Zurückschwingen auf den heutigen Stand führte.

So offenbaren sich uns bei Betrachtung der Vegetationszonierung Eurasiens während der letzten Eiszeit und während der postglazialen Wärmezeit Tendenzen in der sich ständig ändernden Klima- und Vegetationsgestaltung, die bei einer Überbetonung der Bedeutung der letzten Eiszeit nicht so deutlich hervortreten. Die letzte Eiszeit und die postglaziale Wärmezeit gehören zusammen und sollten in ihrer Bedeutung für die heutige Vegetationsgestaltung nicht unterschätzt werden.

Literaturverzeichnis:

Russisch-sprachige Literatur:

- Alabyschew, W. W.*: Über das Auffinden von Eichenpollen in Torfmooren Zentral-Jakutiens im Zusammenhang mit deren Charakteristik. Arbeiten d. Kommission zur Erforschung des Quartärs, Leningrad, 1932, 2, 185—213.
- Bjelajewskij, N. A.*: Über Klimawechsel im Postglazial im Nordwesten von Tibet. Priroda, 1947, 4, 44—457.
- Bjelajewskij, N. W.*, und *Kamanin, L. G.*: Paläogeographie Mittelsibiriens und des Baikalgabietes. Arb. d. Geogr. Institut. d. Akad. d. Wiss. d. UdSSR, 37, Moskau-Leningrad, 1946, 132—151.
- Edelstein, Ja. S.*: Geomorphologischer Abriss der westsibirischen Tiefebene. Arb. d. Inst. f. Phys. Geogr. d. Akad. Wiss. d. UdSSR, 20, Moskau-Leningrad, 1936.
- Gerassimow, D. A.*: Klimawandel in der Waldgeschichte des Kreises Twer während des Postglazials, auf Grund einer Erforschung der Torfmoore. Nachr. Haupt-Bot. Gartens, 25, 4, 1926.
- Gerassimow, I. P.*, und *Markow, K. K.*: Die Eiszeit im Territorium der UdSSR. Arb. d. Geogr. Inst. d. Akad. Wiss. d. UdSSR, 33, Moskau-Leningrad, 1939.
- Gerassimow, I. P.*: Alte Boden- und Eluvialbildungen und ihre Bedeutung für die Paläogeographie der quartären Periode. Arb. d. Geogr. Inst. d. Akad. Wiss. d. UdSSR, 37, Moskau-Leningrad, 1946.
- Igoschina, K. N.*: Lichte Wälder und gefrorene Sümpfe des Iwdeler Transuralgebietes. Priroda, 1947, 2, 53—55.
- Jamnow, A. A.*: Über die Ursachen der Überschwemmung des Ssarykamyschbeckens im Mittelalter und über das Alter der Ssarykamyschsedimente mit *Cardium edule* L. Nachr. Akad. Wiss. UdSSR., geogr. Serie, 1953, 4, 61—63.
- Jamnow, A. A.*, und *Kunin, W. N.*: Einige theoretische Ergebnisse der neuesten Forschungen im Gebiet des Usboi zur Paläogeographie und Geomorphologie. Nachr. Akad. Wiss. UdSSR, geogr. Serie, 1953, 3, 21—28.
- Jegorowa, A. A.*: Einige Angaben der Pollenanalysen aus den Torfmooren der Karischen Tundra. Bull. Kommiss. Erf. d. Quartärs, 2, 1930, 51—59.
- Kaz, N. Ja.*, und *Kaz, S. W.*: Vegetationsgeschichte der Sümpfe Nordsibiriens als Zeichen der Veränderungen der postglazialen Landschaft. Arb. d. Geogr. Inst. d. Akad. Wiss. d. UdSSR, 37, 1946, 331—348.
- Kudrjazew, W. A.*: Die Dynamik des Dauerfrostbodens im Becken des Mittellaufs der Seledscha und damit verbundene Bauverhältnisse in diesem Gebiet. Arb. d. Komm. f. d. Dauerfrostboden, 8, Moskau-Leningrad, 1933, 81—117 (ref. N. Jahrb. f. Min. II, 1940).
- Kurdjukow, K. W.*: Alte Seebecken des südöstlichen Kasachstan und die Klimaverhältnisse zur Zeit, als sie existierten. Nachr. Akad. Wiss. UdSSR, geogr. Serie, 1952, 2, 11—24.
- Kuschew, S. P.*: Beiträge zur Geomorphologie des Unterlaufes des Amur. Arb. d. Inst. f. Phys. Geogr. d. Akad. Wiss. d. UdSSR, 23, Moskau-Leningrad, 1936, 99—159.
- Leontjew, O. K.*, und *Fedorow, P. W.*: Zur Geschichte des Kaspischen Meeres im Spät- und Postglazial. Nachr. Akad. Wiss. UdSSR, geogr. Serie, 1953, 4, 64—74.
- Lissizina, G. N.*: Neue Angaben über die Vegetationsdecke der russischen Ebene in spät- und postglazialer Zeit. Nachr. Akad. Wiss. UdSSR, geogr. Serie, 1953, 2, 42—49.
- Malejew, W. P.*: Wichtige Etappen der Vegetationsentwicklung des Mittelmeergebietes im Quartär, im Zusammenhang mit der Vegetationsgeschichte des Südteiles der UdSSR. Arb. Geogr. Inst. d. Akad. Wiss. d. UdSSR, 37, Moskau-Leningrad, 1946, 321—323.
- Neistadt, M. I.*: Paläogeographie d. natürlichen Zonen des europäischen Teiles der UdSSR in postglazialer Zeit. Nachr. Akad. Wiss. UdSSR, geogr. Serie, 1953, 1, 32—48.

- Neistadt, M. I., und Tjulina, L. N.: Zur Geschichte der quartären und der postquartären Flora im Gebiet des Flusses Main, eines Nebenflusses des Anadyr. Arb. d. Arktis-Institutes, 40, Leningrad, 1936, 259—280.
- Popow, Ju. N.: Rezente Gletscher im Indigirka-Einzugsbereich. Priroda, 1947, 4, 41—42.
- Powarnizyn, W. A.: Böden und Vegetation im Einzugsbereich der oberen Angara. Burjät-Mongolei. Arbeiten der burjät-mongolischen komplexen Expedition, 1932. Arb. d. Kommiss. z. Erf. d. Produktivkräfte, Moskau. Leningrad, 1937, Ostsibirische Reihe, Heft 4.
- Scheludjakowa, W. A.: Die Vegetation des Indigirka-Flußgebietes. Sowjet. Botan. 1938, 4, 43—79.
- Serkow, D. K.: Die Moore der Ukrainischen Sowjet-Republik. Floristik und Stratigraphie. Akad. Wiss. der Ukrain. Sowjetrep., Kiew, 1938.
- Soboljewskij, G.: Zur gegenwärtigen und alten Vergleichen des West-Kun lun. Nachr. d. russ. geogr. Ges., 54, 1918, 1, St. Petersburg, 1919, 27—56.
- Sokolow, N. N.: Über das Relief des Kusnezker Beckens, des Salair und des rechten Uferbereiches des Ob im Gebiet der Flüsse Tschumysch und Berda. Arb. d. Inst. f. Phys. Geogr. Akad. Wiss. UdSSR, 15, Moskau-Leningrad 1935, 5—60.
- Solonjewitsch, K. I.: Zur Frage über das Vorhandensein spätglazialer Wälder im östlichen Baltikum. Arb. geogr. Inst. Akad. Wiss. UdSSR, 37, Moskau-Leningrad, 1946, 293—303.
- Großer Sowjet-Weltatlas, Teil I, Moskau 1937.
- Spiridinow, M. D.: Physisch-geographische Beschreibung des südöstlichen Teiles der Sande der Kasil kum. Nachr. d. russ. geogr. Ges., 54, 1, 1918, 101—120, St. Petersburg, 1919.
- Subkow, A. I.: Über den Charakter einiger quartärer Sedimente Nordost-Asiens. Nachr. Akad. Wiss. UdSSR, 7. Reihe, math.-nat. Klasse, Leningrad 1931, 9.
- Suslow, S. P.: Material über die physisch-geographischen Landschaften des West-Sajan und seines Vorgebirges. Arb. Inst. f. Phys. Geogr. d. Akad. Wiss. d. UdSSR, Moskau-Leningrad, 1936, 18.
- Tichomirow, B. A.: Über die Waldphase der postglazialen Vegetationsgeschichte Nordsibiriens und ihre Relikte in der rezenten Tundra. Konf. z. Gesch. d. Flora und der Vegetation der UdSSR. Sowjet. Bot., 1938, 2.
- Tichomirow, B. A.: Zur Charakteristik der Vegetationsdecke der Mammutzzeit auf der Taimyrhalbinsel. Bot. Journ., 1950, 35, 5, 482—497.
- Tolstow, S. P., Kess, A. S., und Schdanko, T. A.: Geschichte des Ssarykamyschsees im Mittelalter. Nachr. Akad. Wiss. UdSSR, geogr. Serie, 1954, 1, 41—50.
- Tumel, W. F.: Zur Geschichte der ewigen Gefronnis in der UdSSR. Arb. geogr. Inst. d. Akad. Wiss. d. UdSSR, 37, Moskau-Leningrad, 1946, 124—152.
- Wasskowskij, A. P.: Die Grenze der Tundrenzzone am Nordufer des Ochotskischen Meeres. Bot. Journ. 1950, 35, 3, 298,—300.
- Nichtrussisch-sprachige Literatur:
- Andersson, I. G.: Nordkinesiska Klimatväxlingar. Ymer, 1943.
- Barbour, G. B.: Recent observations on the loess of Northern China. Geogr. Journ. 86, 1, 1935.
- Bobek, H.: Die Rolle der Eiszeit in Nordwest-Iran. Zs. f. Gletscherk., 25, 1937.
- Firbas, F.: Vegetationsentwicklung und Klimawandel in der mitteleuropäischen Spät- und Nacheiszeit. Naturwiss., 27, 1939.
- Firbas, F.: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Teil I und Teil II, Jena, 1949, 1952.
- Frenzel, B., und Troll, C.: Rußland und Asien. Rapp. prélim. pour la 8^e Assemb. Gén. et le 17^e Congr. Intern. UNESCO, 1952 a.
- Frenzel, B., und Troll, C.: Die Vegetationszonen des nördlichen Eurasiens während der letzten Eiszeit. Eiszeitalter und Gegenwart, 2, 1952 b, 154—167.
- v. Klebelsberg, R.: Beiträge zur Geologie West-Turkestans. Innsbruck, 1922.
- Lawrowa, M. A.: Über das Vorfinden von Dauerfrostboden im Gebiet der Woltschaja- und Montsche-Tundra auf der Halbinsel Kola. ref. N. Jahrb. Min. II, 1936, II, 1941.
- Lundquist, G.: De svenska fjällens natur. Stockholm, 1948.
- Leimbach, W.: Zur Waldsteppenfrage in der Sowjetunion. Erdkunde, 2, 1948, 238—256.
- Morawetz, S.: Die postglaziale Wärmezeit und die Vergleichen der zentralen Ostalpen. Zs. f. Gletscherk., N. F., 1950, 1, 63—70.
- Norin, E.: Quaternary climatic changes within the Tarim-Basin. Geogr. Rev., 22, 1932, 591—598.
- Norin, E.: The Tarim-Basin and its border-regions. Reg. Geol. d. Erde, 2, Leipzig, 1941.
- Plaetschke, B.: Das Bergland der nordwestlichen Mandschurei. Peterm. Erg.-H., 232, 1937.
- Schultz, A.: Landeskundliche Forschungen im Pamir. Abh. d. Hamburg. Kolon. Inst., Reihe C, Hamburg, 1916.
- Schultz, A.: Morphologische Beobachtungen in der östlichen Kara-kum-Wüste. Zs. f. Geomorph., 1928.
- Schultz, A.: Grundzüge der Oberflächengestaltung von Niederasien. Zs. f. Geomorph., 11, 1941, 167—198.
- Visser, G.: Karakorum, Band 1—3, Leiden 1933.
- Wilhelmy, H.: Das Wald-, Waldsteppen- und Steppenproblem in Süd-Rußland. Geogr. Zs., 1943, 163—188.
- v. Wißmann, H.: Über Lößbildung und Würmeiszeit in China. Geogr. Zs., 1938, 44, 201—220.
- Zerow, D.: Postglaziale Geschichte der Wälder und des Klimas der nordwestlichen Ukraine auf Grund von pollenstatistischen Untersuchungen. Beih. Bot. Centr. Bl., 52, 1935, 193—209.